

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система автоматического регулирования температуры за второй ступенью пароперегревателя парового котла

УДК 621.182.13-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Медведев В.В.	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Трубченко Т.Г.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Антонова А.М.	К.ТЕХН.Н., доцент		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок, автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.</i>
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.</i>
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы, автоматизированных систем управления и их компоненты.</i>
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, их оборудования, интерпретировать данные и делать выводы.</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления</i>
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель профиля
Озерова И.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Бабушкину Евгению Николаевичу

Тема работы:

Система автоматического регулирования температуры за второй ступенью пароперегревателя парового котла	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 135-41/с от 14.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Проектирование автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя на базе современных технических средств и расчет параметров настройки регулятора.
--------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение 2 Описание объекта 3 Обзор и выбор системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя 4 Разработка структурной схемы 5 Выбор технических средств автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя 6 Разработка функциональной схемы 7 Разработка принципиальной электрической схемы 8 Разработка монтажной схемы 9 Разработка чертежа щитовой конструкции 10 Мнемосхема проекта 11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 12 Социальная ответственность
Перечень графического материала	1 Схема структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема электрических подключений. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Медведев В.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 81 с., 17 рис., 18 табл., 18 источников.

Ключевые слова: паровой котел, автоматическая система регулирования (АСР), температура перегретого пара, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Цель работы – разработка АСР температуры перегретого пара после второй ступени пароперегревателя парового котла на основе микропроцессорной техники.

В процессе выполнения работы производился выбор структурной схемы, алгоритма управления. Были определены параметры настройки регулятора. Так же разработаны функциональная, принципиальная электрическая, монтажная схемы и общего вида щита управления. Осуществлен выбор технических средств автоматизации и составлена заказная спецификация.

В результате выполнения работы разработана автоматическая система регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя парового котла ТП-230.

Оглавление

Введение.....	9
1 Описание объекта.....	10
2 Обзор и выбор системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя	13
2.1 Типовые схемы регулирования.....	13
2.2 Системы автоматического регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя	19
3 Разработка структурной схемы автоматической системы регулирования температуры перегретого пара парового котла	22
3.1 Выбор схемы регулирования	22
4 Выбор технических средств автоматической системы регулирования температуры перегретого пара после 2 ступени пароперегревателя.....	24
4.1 Средства измерения температуры	24
4.2 Микропроцессорный контроллер	28
4.3 Исполнительный механизм	30
4.4 Пусковое устройство	32
5 Разработка функциональной схемы	35
6 Разработка принципиальной электрической схемы	37
7 Разработка монтажной схемы.....	38
8 Разработка чертежа щитовой конструкции	40
9 Расчет АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя.....	41
9.1 Расчет динамических характеристик объекта регулирования	41
9.1.1 Экспериментальное определение кривых разгона объекта управления	42
9.1.2 Получение передаточных функций по кривым разгона объектов регулирования.....	44
9.2 Расчет оптимальных настроек регулятора	45
9.3 Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСР при возмущении, идущем по каналу регулирующего воздействия	46
10 Мнемосхема проекта.....	49

11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	52
11.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
11.1.1 Анализ конкурентных технических решений	52
11.1.2 SWOT-анализ.....	54
11.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	56
11.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	56
11.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения работ.....	57
11.3 Бюджет научно-технического исследования.....	61
11.3.1 Расчет материальных затрат	61
11.3.2 Расчет затрат на программное обеспечение	62
11.3.3 Основная заработная плата	63
11.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	65
11.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	66
11.3.6 Накладные расходы.....	66
11.3.7 Формирование бюджета затрат	67
11.4 Ресурсоэффективность	68
12 Социальная ответственность	71
12.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
12.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	71
12.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	72
12.2. Производственная безопасность.....	73
12.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	73
12.2.1.1 Повышенная температура рабочей зоны	74
12.2.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	75
12.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	76
12.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений	76
12.2.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической сети.....	77
12.2.1.6 Перенапряжение зрительного анализатора	77

12.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).	78
12.3. Экологическая безопасность.....	78
12.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	80
12.5 Выводы по разделу.....	81
Список использованных источников	83

Графический материал (на отдельных листах):

Схема структурная – ФЮРА.421000.001 С1;

Схема функциональная – ФЮРА.421000.001 С2;

Схема принципиальная электрическая – ФЮРА.421000.001 Э4;

Схема монтажная – ФЮРА.421000.001 С4;

Общий вид щита автоматизации – ФЮРА.421000.001 ВО.

Введение

Во всех отраслях деятельности человека присутствует связь с таким показателем, как температура. При измерении температуры на тепловых электрических станциях, где температура является одним из главных параметров, характеризующих качество и надежность работы станций. Измерение температуры занимает до 50 % от общего числа измерений, это важно для контроля процессов, анализа как технических, так и экономических показателей производства, а также для определения надежности и долговечности работы оборудования при различных условиях.

При регулировании температуры на современных электрических станциях к системам регулирования предъявляются жёсткие требования. Превышение температуры пара в течение небольшого времени приводит к потере ресурса поверхностей нагрева котла, эквивалентного нескольким месяцам эксплуатации при нормативных параметрах.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя парового котла.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

Провести анализ объекта, определить структуру системы регулирования; выбрать оборудование и разработать систему регулирования перегретого пара.

1 Описание объекта

Объектом автоматизации является вторая ступень пароперегревателя барабанного парового котла для блока 100 МВт, который рассчитан на производительность 420 т/ч, давление 14 МПа и температуру перегретого пара 570 °С.

Котельный агрегат имеет П-образную компоновку и предусмотрен для сжигания тощих углей и антрацита, но “может” осуществлять работу и на природном газе. На рисунке 1 изображен продольный разрез котла ТП-230. В нижней части призматической топки установлена камера сгорания с помощью пережима, образованного выступами фронтального и заднего экранов. Трубы экранов камеры сгорания обмурованы и ошпированы. Верхняя часть камеры сужена для формирования вторичной турбулизации газов и улучшения обмывания конвективных поверхностей нагрева в горизонтальном газоходе. Вертикальный ширмовой пароперегреватель размещен над выступом. [1].

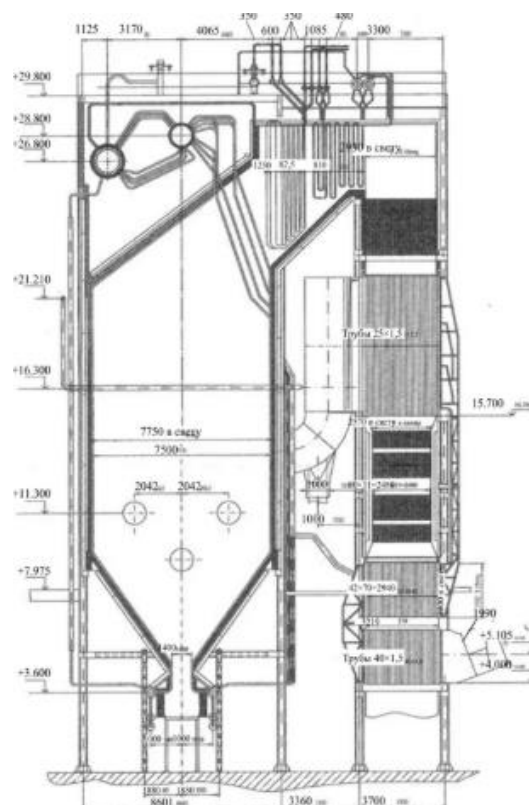


Рисунок 1 – Продольный разрез котла ТП-230

На фронтальной и задней стенке камеры горения размещено встречно по шесть круглых горелок. Внутренний диаметр барабана равен 1,6 м, толщина – 115 мм из стали 16ГНМА. Схема испарения двух ступенчатая.

Схема движения пара показана на рисунке 1. Насыщенный пар из барабана направляется в пароперегреватель [1].

Задача регулирования технологического процесса парового котла сводится, в основном, к необходимости поддержания материально-энергетического баланса, при котором он будет работать в постоянном (стационарном) режиме, который характеризуется постоянством во времени следующих параметров: давления, температуры, уровня, расхода и других контролируемых параметров. Для поддержания заданного значения температуры перегретого применяются жесткие требования [3].

Для котельного агрегата со средними параметрами (от 560 до 580 °С) позволяемые отклонения температуры от номинального значения составляют от +10 до – 15°С.

Рекомендованные отклонения температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя для котлов без пробегуточного перегрева должны быть выдержаны в диапазоне нагрузок от 70% до 100% номинальной производительности.

Изменение нагрузки котла является самым важным возмущающим воздействием на температуру перегретого пара, которое происходит с изменением количества топлива, подаваемого в топку котла. Естественно что, при понижении нагрузки удельное тепловосприятие радиационных поверхностей нагрева повышается, конвективных – уменьшается.

Удельное тепловосприятие поверхностей нагрева, которые расположены в полурadiационной зоне дымовых газов с температурой от 1000 до 1200 °С в рабочем диапазоне изменения нагрузок, остается приблизительно постоянным. Поэтому, с уменьшением нагрузки перегрев пара в радиационных пакетах пароперегревателя увеличивается, а в конвективных – уменьшается.

Соответствующим подбором степени радиационности пароперегревателя, т.е.

доли тепловосприятия его радиационной части, теоретически можно добиться постоянства перегрева во всем диапазоне рабочих нагрузок. Тем не менее, такой пароперегреватель не обеспечивает постоянства перегрева даже при неменяющейся нагрузке котла – это обуславливается тем, что его тепловосприятие в рабочем режиме может меняться в связи с загрязненностью экранных и конвективных поверхностей нагрева, изменения влажности и тонины помола топлива, изменения температуры питательной воды и т.д. Также на температуру перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя имеют огромное влияние различные возмущения, к примеру это могут быть изменения подачи топлива при заданной нагрузке, изменение тяго-дутьевого режима и т.п. В следствии чего на котельные агрегаты устанавливают устройства для регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя [3].

2 Обзор и выбор системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя

2.1 Типовые схемы регулирования

Часто на практике для парогенераторов барабанных котлов применяют способ регулирования температуры пара на выходе при помощи пароохладителей. Часть поверхности нагрева пароперегревателя образуется конструктивно участком регулирования перегрева, который включает в себя обогреваемые и не обогреваемые трубы, от места впрыска охлаждающей среды до коллектора, в котором поддерживается заданная температура $t_{\text{пл}} = 570^{\circ}\text{C}$.

Для поддержания заданной температуры, применяется автоматическая система регулирования (АСР) температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя. Для этого тракт парового котла разбивают на участки, на выходе каждого из которого поддерживается заданное значение температуры.

Нагрузка котла зависит от конструкции пароперегревателя и влияет на температуру пара, а также большое влияние оказывают соотношения конвективной и радиационной части и место размещения пакетов перегревателя пара по ходу дымовых газов. Также повышение температуры перегретого пара в конвективном пароперегревателе вызывает доля теплоты, которая увеличивается за счет возрастания объема, температуры и скорости дымовых газов, которые в свою очередь повышаются при увеличении нагрузки. У полурadiационного перегревателя изменение нагрузки не оказывает существенное влияние на значение температуры.

Способ первый – «смешивание». Наиболее широко применяется метод регулирования температуры пара за второй ступенью пароперегревателя впрыском собственного конденсата. Также, может осуществляться впрыск

питательной воды (при надлежащем качестве питательной воды), конденсатом паровых турбин (этот способ требует установки плунжерных насосов для создания нужного напора) или паром с меньшим теплосодержанием.

Впрыск собственного конденсата имеет ряд преимуществ, например, меньшее содержание солей в конденсате, чем в питательной воде; также давление на напоре питательного насоса не оказывает влияние на давление в линии конденсата. Впрыскивающий пароохладитель обладает положительными динамическими свойствами: минимальное запаздывание и небольшая инерционность. К недостаткам можно отнести сложность конструкции и сложность эксплуатации комплекса устройств по выработке «собственного» конденсата. Схема воздействия на температуру перегретого пара впрыском «собственного» конденсата изображена на рисунке 2.

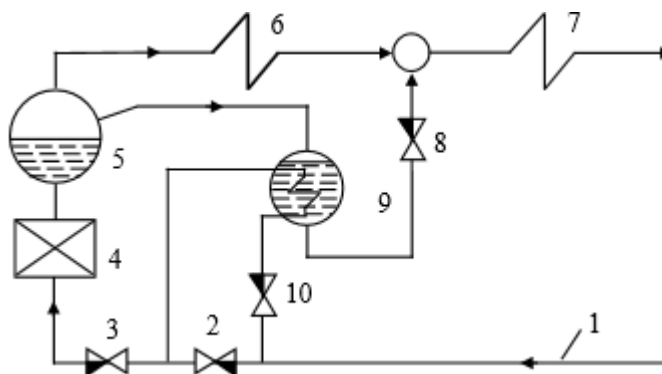


Рисунок 2 – Схема воздействия на температуру перегретого пара впрыском «собственного» конденсата

На приведенной схеме питательная вода из магистрали 1 поступает на регулируемый клапан 10, подпорный клапан 2, регулируемый питательный клапан 3, экономайзер 4 и поступает в барабан парогенератора. Насыщенный пар из барабана последовательно проходит пакет пароперегревателя 6, впрыскивающий пароперегреватель, пакет пароперегревателя 7 и уже перегретым идет на выход из парогенератора к турбине или в общую паровую магистраль. Насыщенный пар поступает также в конденсатор 9, где

охлаждаясь, конденсируется, образуя так называемый «собственный конденсат». Охлаждение насыщенного пара в конденсаторе осуществляется питательной водой, расход которой через трубки конденсатора зависит от положения регулирующего клапана 10. Необходимый напор питательной воды создается подпорным клапаном 2. За счет перепада между давлением насыщенного пара в барабане парогенератора и давлением пара в месте впрыска образовавшийся конденсат с помощью пароохладителя впрыскивается в перегретый пар. Расход впрыскиваемого конденсата зависит от положения регулирующего клапана впрыска 8 и является регулирующим воздействием на температуру перегретого пара [5].

Второй способ – поверхностное охлаждение. Поверхностные охладители представляют собой теплообменники, в которых часть тепла, перегретого пара передается другой охлаждающей среде, например, питательной воде. При этом происходит поверхностное охлаждение перегретого пара указанной средой без их смешивания. Одна из возможных схем реализации воздействия на температуру перегретого пара поверхностным охлаждением представлена на рисунке 3.

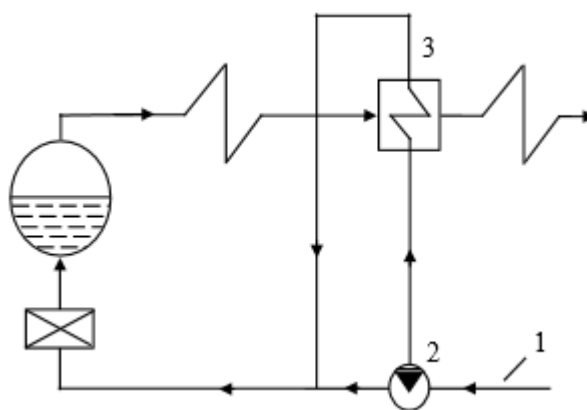


Рисунок 3 – Схема воздействия на температуру перегретого пара
поверхностным охлаждением

По магистрали 1 питательная вода поступает к двухходовому регулирующему клапану 2, от которого доля питательной воды проходит

через поверхностный пароохладитель 3. В пароохладителе излишек тепла, перегретого пара на выходе пароохладителя зависит от расхода питательной воды на пароохладитель, который регулируется с помощью положения двухходового регулирующего клапана.

Осуществление охлаждения перегретого пара при помощи питательной воды в поверхностных пароохладителях в настоящее время имеет ограниченное применение в связи с присущими этому методу воздействия на температуру перегретого пара недостатками. Поверхностный пароохладитель конструктивно сложен и сложен в эксплуатации. В динамическом отношении поверхностный пароохладитель имеет большую инерционность [5].

Третий способ – воздействие на тепловосприятие. Воздействие на тепловосприятие как способ изменения температуры перегретого пара имеет ряд вариаций: распределение дымовых газов по газоходам, рециркуляция дымовых газов и изменение положения факела в топке.

При распределении дымовых газов часть их направляется в дополнительные газоходы, в которых могут располагаться или отсутствовать пакеты пароперегревателя. Расход дымовых газов через газоходы изменяют поворотом регулирующих заслонок. На рисунке 4 представлены два варианта расположения пакетов пароперегревателя в газоходах парогенератора.

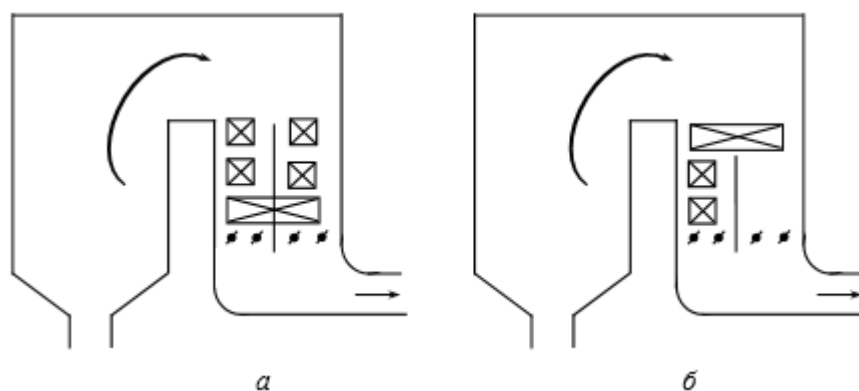


Рисунок 4 – Схемы воздействия на температуру перегретого пара путем распределения дымовых газов по газоходам

При рециркуляции дымовых газов возвращаемые обратно в топку газы отбираются из конвективной части шахты парогенератора после экономайзера при помощи дымососа рециркуляции отправляются в топку.

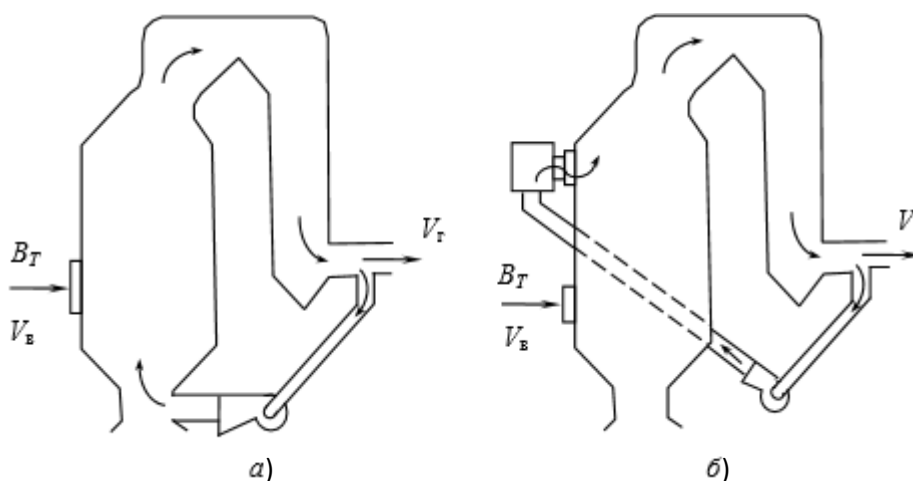


Рисунок 5 – Схемы воздействия на температуру перегретого пара путем рециркуляции дымовых газов

Рециркулируемые дымовые газы могут вводиться как ниже (рисунок 5, а), так и выше (рисунок 5, б) горелок. При нижнем вводе дымовых газов эффективность воздействия на тепловосприятие выше, чем во втором варианте, но если ввод дымовых газов осуществлен выше горелок, то происходит меньшее шлакование конвективных поверхностей нагрева.

Рециркуляция дымовых газов имеет ряд недостатков: снижается экономичность работы парогенератора, так как возрастают потери тепла с

уходящими газами и затраты на собственные нужды за счет увеличения расхода электроэнергии; увеличивается сложность конструкции и сложность эксплуатации парогенератора.

С помощью изменения положения факела воздействие на температуру перегретого пара возможно путем поворота горелок или переключением их при расположении в несколько рядов.

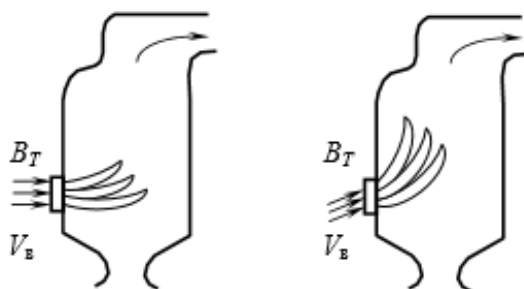


Рисунок 6 – Положение факела в топке при различных углах наклона горелок

При повороте горелок диапазон воздействия на температуру перегретого пара определяется степенью радиационности пароперегревателя. Поворот горелок приводит к нарушению настроенного режима работы топки и к снижению экономичности работы парогенератора [5].

В качестве автоматического регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя применяются различные схемы регулирования. Рассмотрим одноимпульсную и двухимпульсную схемы.

На вход регулятора направляется сигнал, который не соответствует температуре перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя от заданного значения. Для того чтобы восстановить заданное значение температуры, регулирующее устройство учитывает знак и величину отклонения воздействует через исполнительный механизм на регулирующий орган. Такое регулирование является одноимпульсным. Однако, данная схема применяется редко ввиду низкого качества регулирования. [4]

2.2 Системы автоматического регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя

Схема одноимпульсной автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя представлена на рисунке 7.

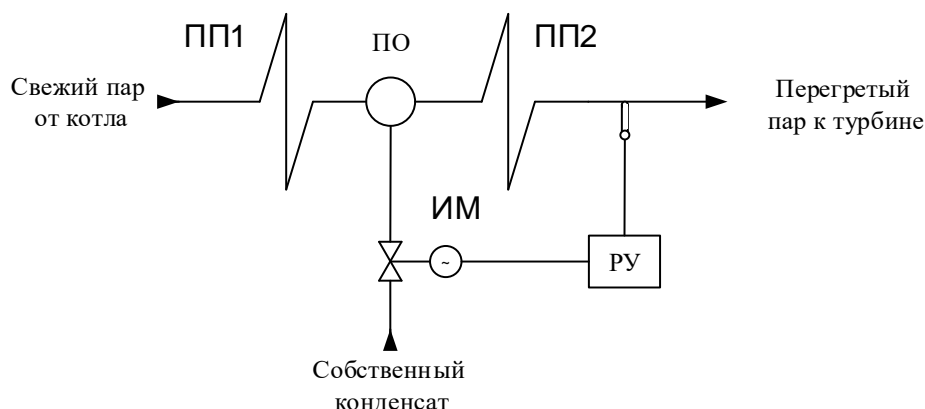


Рисунок 7 – Одноимпульсная АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя:

ПП – пароперегреватель, ПО – парохладитель,
ИМ – исполнительный механизм, РУ – регулирующий орган.

Главный недостаток такой АСР – возмущающие воздействия поступают на вход объекта регулирования в виде изменения температуры пара на выходе пароперегревателя. Если принять во внимание инерционности рассматриваемого участка, отклонение выходной величины в переходных режимах может значительно превышать норму.

Для улучшения качества переходного процесса при регулировании температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя применяется двухимпульсная система автоматического регулирования. Почти все возмущения, идущие из предвключенных пакетов пароперегревателя в регулируемый участок можно отфильтровать с помощью внутреннего малоинерционного контура, а для того чтобы осуществить поддержание температуры на заданном значении, используется

внешний инерционный контур. С помощью данной системы, поддержание регулируемой величины на входе в участок пароперегревателя, а значит и более высокое качество регулирования параметра на выходе из перегревателя – возможны [3].

Двухимпульсная схема системы автоматического регулирования представлена на рисунке 8.

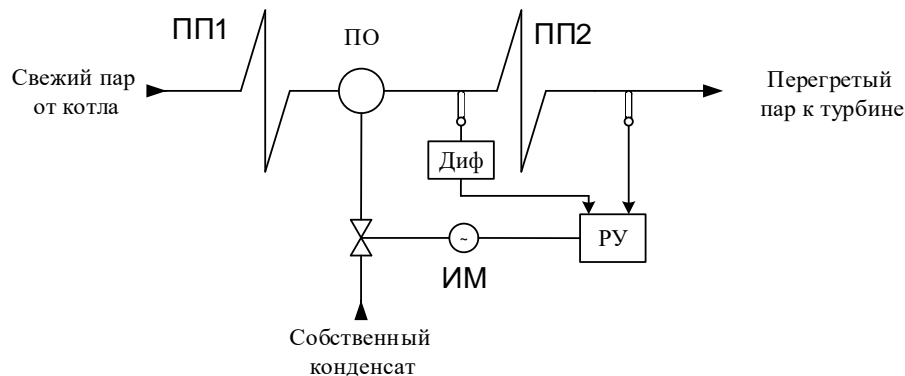


Рисунок 8 – Двухимпульсная АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя:

ПП1, ПП2 – пароперегреватель, ПО – пароохладитель,
ИМ – исполнительный механизм, РУ – регулирующий орган, Диф –
дифференциатор.

АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя барабанного котлоагрегата должна отвечать техническим требованиям, а именно:

- обеспечивать устойчивую работу автоматических регуляторов (следовательно, должны отсутствовать автоколебания), наименьшее количество их включений (не более шести включений в минуту);
- поддержание заданного значения температуры перегретого пара $t_{\text{пп}}=560^{\circ}\text{C}$ на выходе из котла при номинальной нагрузке с отклонением менее 1 % от номинального значения температуры;
- при ступенчатом изменении нагрузки на 10 % от исходной номинальной, максимальное отклонение $t_{\text{пп}} \leq \pm 8^{\circ}\text{C}$.

Исходя из достоинств и недостатков всех методов, можно определить, что самым оптимальным будет метод смешения или впрыска. Этот метод является самым распространенным и наименее затратным, а также у него высокая точность. В методе поверхностного охлаждения используется сложная конструкция, которая делает этот метод дороже. Метод воздействия на тепловосприятие подходит только для определенного топлива (жидкого и газообразного), поэтому он не является распространенным. На основании выбранной структуры регулирования разрабатывается структурная схема.

3 Разработка структурной схемы автоматической системы регулирования температуры перегретого пара парового котла

3.1 Выбор схемы регулирования

В настоящее время в автоматических системах регулирования применяются микропроцессорные контроллеры, позволяющие выполнять множество функций, в том числе и дифференцирование. С учётом этих особенностей структурная схема системы примет вид, как на рисунке 9.

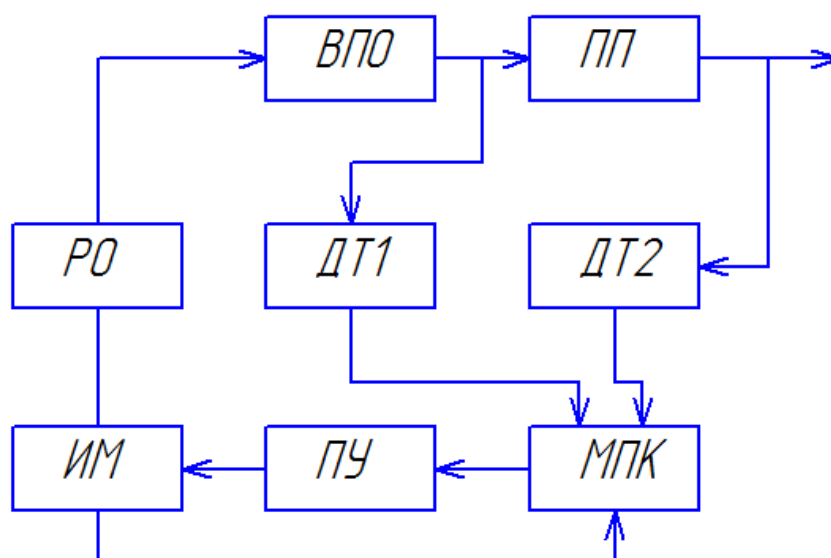


Рисунок 9 – Структурная схема АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя на базе микропроцессорного программируемого контроллера:

ДТ1, ДТ2 – измерительные преобразователи температуры; МПК – микропроцессорный программируемый контроллер; РО – регулирующий орган; ИМ – исполнительный механизм; ПУ – пусковое устройство.

При помощи измерительных преобразователей информация о текущем значении температуры регулируемого пара передается на МПК. Процессор обрабатывает сигналы и вырабатывает управляющие воздействия, отправляемые на пусковое устройство. Пусковое устройство усиливает

аналоговые сигналы, которые поступают на ИМ. Вал ИМ вращается и, следовательно, меняется положение РО.

Если возмущения идут от предвключенного пакета или по каналу регулирующего воздействия, в первую очередь изменится температура на выходе ПО, и информация о возмущениях поступает практически сразу.

Таким образом, получена система с дополнительным информационным каналом по вспомогательной регулируемой величине в непосредственной близости от регулирующего органа.

В настоящее время в автоматических системах регулирования применяются микропроцессорные контроллеры, позволяющие выполнять множество функций, в том числе и дифференцирование. Кроме того, в проектируемой системе возможно использование датчиков температуры с унифицированным выходным сигналом. С учётом этих особенностей в структурной схеме системы не будут использоваться дополнительные устройства, такие как дифференциатор и нормирующий преобразователь.

4 Выбор технических средств автоматической системы регулирования температуры перегретого пара после 2 ступени пароперегревателя

Регулируемым параметром в автоматической системе регулирования является температура. Необходимо не только измерять данный параметр, но и вовремя реагировать на всевозможные изменения, а также предотвращать возможные появления отклонений от нормы в работе, чтобы избежать возникновения аварийных ситуаций. Также особое внимание следует уделять выбору программируемого логического контроллера (ПЛК), пускового устройства (ПУ) и исполнительного механизма (ИМ).

4.1 Средства измерения температуры

В настоящее время известно большое количество устройств для измерения температуры. Современные термометры выпускаются нескольких видов. В соответствии с классификацией термометров в зависимости от сферы их разделяют на: бытовые, технические, исследовательские, метеорологические. По принципу действия выделяют термометры: механические, жидкостные, электронные, термоэлектрические, инфракрасные, газовые. На промышленных предприятиях большое распространение получили термопреобразователь сопротивления (ТПС) и термоэлектрический преобразователь (ТЭП). Термоэлектрический преобразователь – это преобразователь температуры, действие которого основано на зависимости термоэлектродвижущей силы термопары от температуры. Термопара представляет собой два проводника из разнородных металлов, соединенных между собой спаем. На одном конце проводников поддерживается постоянная температура, другой – место спайки подвергается изменению температуры и называется «рабочим» (измерительным) спаем. В целом, термоэлектрические преобразователи

имеют преимущество над термопреобразователями сопротивления по таким характеристикам как: диапазон измерения температур и инерционность.

Известно, что качество работы преобразователя (погрешность измерения, инерционность и т.д.) будут оказывать влияние на качество работы системы регулирования, в составе которой используется датчик. Так как на ТЭС преобразователи температуры устанавливаются с помощью специальной арматуры, способ монтажа датчика будет оказывать влияние на характеристики процесса измерения [7,8].

Основные критерии выбора термопреобразователей:

- соответствие диапазона измерения выбранного датчика контролируемой температуре;
- соответствие прочности корпуса датчика условиям эксплуатации;
- соответствие необходимой длины соединительного кабеля и длины погружаемой части датчика;
- необходимость взрывозащищенного исполнения при работе на взрывопожароопасных участках.

Для обоснованного выбора первичных преобразователей температуры в работы рассмотрены термометры различных типов и конфигураций.

1) Термопреобразователи Элемер типа ТП-2088, ТП-1388, ТП-2388

Термопреобразователи производства ООО «Элемер» используются для измерения температуры газообразных, жидких сред (в том числе агрессивных, которые не разрушают защитную арматуру изделия) и твердых тел в различных отраслях промышленности. Технические характеристики приведены в таблице 1. [9]

Таблица 1 – Технические характеристики термопреобразователя ТП-2088/3

НСХ	Давление измеряемых температур, °С	Класс допуска	Количество рабочих спаев	Материал защитной оболочки
ХА (К)	-40...+850	1 или 2	1 или 2	Сталь 310
НСХ	Давление измеряемых температур, °С	Класс допуска	Количество рабочих спаев	Материал защитной оболочки
ХК (L)	-40...+600	2		
НН (N)	-40...+850	1 или 2		
ЖК (J)	-40...+750			

2) Термопреобразователи типа ТХАУ Метран-271МП, ТСМУ Метран-274МП, ТСПУ Метран-276МП

Термопреобразователи микропроцессорные предназначены для измерения температуры газообразных и жидких сред, где материал защитной арматуры может подвергаться коррозии. Они могут применяться на взрывоопасных участках, где возможно появление взрывоопасных паров, газов и смесей. Чувствительный элемент первичного термопреобразователя и микропроцессорный преобразователь, встроенный в головку датчика, преобразуют измеряемую величину (температуру) в унифицированный выходной токовый сигнал, поэтому не требуется дополнительных нормирующих преобразователей для построения АСР [10].

Таблица 2 – Общие технические характеристики термопреобразователей серии Метран–270

Тип и исполнение термопреобразователя	НСХ	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур, °С	Минимальный диапазон измерений, °С	Зависимость выходного сигнала от температуры
ТХАУ Метран – 271МП	К	4 – 20 20 – 4	- 40 ... 800 - 40 ...1000	50	линейная
ТХАУ Метран – 271МП – Exia					
ТХАУ Метран – 271МП – Exd					
ТСМУ Метран – 274МП	100 М		- 50 ...180	25	
ТСМУ Метран – 274МП – Exia					
ТСМУ Метран – 274МП – Exd					
Тип и исполнение термопреобразователя	НСХ	Выходной сигнал, мА	Диапазон преобразуемых температур, °С	Минимальный диапазон измерений, °С	Зависимость выходного сигнала от температуры
ТСПУ Метран – 276МП	100 П		- 50 ... 500		
ТСПУ Метран – 276МП - Exia	100 П		- 50 ... 500		
ТСПУ Метран – 276МП - Exd					

Таблица 3 – Технические характеристики термопреобразователей серии Метран–271 МП

Тип и исполнение термопреобразователя	Верхний предел измерений, °C	Предел допускаемой основной приведенной погрешности, ±γ, %										
		Для поддиапазонов, не менее, °C										
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	
ТХАУ Метран – 271МП ТХАУ Метран – 271МП - Exia ТХАУ Метран – 271МП - Exd	До 300	0,25; 0,5					–					
	До 500	0,5	0,25; 0,5					0,25;				
	До 600	0,5					0,5	0,25;	0,25;	0,25;		
	До 700						0,5	0,5	0,5	0,5		
	До 800							0,5				
	До 1000											

На основании приведенных параметров в таблицах 3.2 и 3.3, выбираем термопреобразователь температуры Метран–271 МП, т.к. он удовлетворяет предъявляемым требованиям: требуемый диапазон преобразуемых температур, достаточную точность измерения, в качестве выходного сигнала имеет унифицированный токовый сигнал, что позволяет не использовать дополнительные нормирующие преобразователи температуры.

4.2 Микропроцессорный контроллер

На сегодняшний день микропроцессорные программируемые контроллеры (МПК) стали незаменимой частью систем автоматизации, так как обладают рядом преимуществ (надежность, компактность, реализация сложных алгоритмов управления программными методами и др.). При этом есть возможность упрощения всей системы управления, т.к. контроллер может выполнять функции таких устройств как блоки ручного управления, ручные задатчики регулируемого параметра.

Различают следующие виды контроллеров: моноблочные, модульные, РС-совместимые контроллеры. РС-совместимые контроллеры отличаются от классических контроллеров тем, что в них большинство функций, которые у модульных или моноблочных контроллеров решаются на аппаратном уровне, могут выполняться с помощью программного обеспечения.

1) ОВЕН ПЛК 63 производства ООО «ОВЕН» [11].

Назначение контроллера:

- автоматическое регулирование и измерение технологических параметров, значение которых первичными преобразователями может быть преобразовано в унифицированный электрический сигнал постоянного тока, а также сигнала с термопар;

- измерение аналоговых сигналов;

- измерение дискретных сигналов;

- управление посредством дискретных выходов;

- обмен данными по интерфейсам RS-485, RS-323, ОВЕН, а также Ethernet по протоколам ModBus, DCON, CODESYS.

Возможность управлять технологическим процессом непосредственно с лицевой панели контроллера:

- встроенный текстовый монохромный дисплей, 2 или 4 строки по 16 символов для конфигурирования ПЛК, редактирования параметров программы, вывода информации о ходе процесса и сигнализации;

- наличие 6 (ПЛК63) кнопок управления – для настройки режимов индикации, задания значений параметров.

Широкие возможности самодиагностики (контроль работы датчиков, правильности пользовательских программ, контроль зависания ПЛК). Возможность создания пользовательских программ с привязкой к реальному времени – встроенные часы реального времени (RTC) с автономным питанием.

Применение контроллера может осуществляться для создания систем автоматического управления технологическим рудованием в энергетике, на транспорте, а также в различных областях промышленности.

Питание контроллера производится от сети питания переменного тока 220 В. Количество аналоговых входов – 8, количество дискретных входов –

8, количество дискретных выходов – 6. Полное время преобразования сигнала с термопары – 0,4 с. Габаритные размеры – 157x86x58 мм

Имеется возможность расширения количества точек ввода/вывода с помощью подключения внешних модулей по любому из встроенных интерфейсов.

2) Контроллер типа Simatic S7-300

Микропроцессорные контроллеры серии Simatic S7-200 служат для выполнения задач, связанных с управлением и регулированием в системах автоматизации небольшого размера. Область применения S7-300 находит применение для автоматизации машин специального назначения, текстильных и упаковочных машин, машиностроительного оборудования, оборудования для производства технических средств управления и электротехнического оборудования, в системах автоматизации судовых установок и систем водоснабжения и т.д.[12]

Оптимальным вариантом выбора будет контроллер ОВЕН ПЛК 63 так он походит по эксплуатационным характеристикам и ценовому фактору для данной системы регулирования.

4.3 Исполнительный механизм

Исполнительные механизмы предназначены для перемещения регулирующих органов в системах автоматического регулирования технологических процессов в соответствии с командными сигналами, поступающими от автоматических регулирующих или управляющих устройств и командами с постов управления [13]. В автоматизации объектов теплоэнергетики чаще всего используют электрические ИМ. Преимущественно электрический ИМ включает электродвигатель и редуктор, которые вместе представляют собой электропривод, блок датчиков положения и штурвал. Блок датчиков состоит из блока концевых и путевых выключателей, а также датчика положения ИМ. Концевые выключатели

осуществляют функцию отключения электродвигателя при достижении крайних положений выходного вала ИМ. Путьевые выключатели позволяют коммутировать электрические цепи управления под воздействием управляющих упоров в определённых точках пути контролируемого объекта. В зависимости от назначения в комплекте ИМ имеются различные датчики положения: реостатные (резистивные), индуктивные, токовые.

Тип трубопроводной арматуры определяет тип ИМ. ИМ бывают нескольких видов: МЭО – механизм электроисполнительный однооборотный, МЭОФ – механизм электроисполнительный однооборотный фланцевый, МЭП – механизм электроисполнительный прямоходный постоянной скорости. В данной работе предполагается использование запорно-регулирующего крана, который позволяет управлять интенсивностью потока воды на смешивание либо надёжно перекрывать его. Следовательно, тип ИМ – МЭОФ.

Исполнительный механизм выбирается не только из вида регулирующего органа, но и от крутящего момента.

При выборе ИМ типа МЭО должно выполняться условие $M_H > M_{max}$. Рассчитав необходимый крутящий момент, выбираем по каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» механизм электроисполнительный однооборотный фланцевый с номинальным значением момента на выходном валу 1000 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с. В составе с токовым блоком сигнализации положения выходного вала БД-10АМ; год разработки – 2007. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары. Тип МЭОФ–1000/25–0,25-07К [13].

Установка фланцевых механизмов производится непосредственно на трубопроводной арматуре и соединяются с регулирующим органом посредством фланца.

Электрическое питание двигателя механизма МЭОФ с номинальным крутящим моментом 1000 Н·м осуществляется от сети переменного тока напряжения 380 В с частотой 50 Гц [13].

Блок датчиков МЭОФ состоит из датчиков положения, а также имеет концевые и путевые выключатели, представляющие собой дискретные уставки по положению и моменту [13].

4.4 Пусковое устройство

Пускатель предназначен для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами (в дальнейшем – механизм), в приводе которых используются трехфазные электродвигатели типов АИР, ДАТ, АДМ, АИМ и ДСТР, эксплуатируемые вне жилых домов и не связанные с их электрическими сетями [14]. Область применения: автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), АСУТП для атомных электростанций (АЭС), в энергетической и других отраслях промышленности. Пускатели, в основном, выполняются в двух модификациях: контактные (МКР-098, ПМЛ, ПМА, ПМЕ и др.) или бесконтактные (ПБР-2, ПБР-3 и др.). Ввиду того, что в современных ИМ типа МЭО применяются тихоходные электродвигатели с большим значением индуктивной составляющей в момент коммутации на контактах возникает электрическая дуга, которая быстро изнашивает контакты. Поэтому широкое применение получили бесконтактные пускатели. Основные характеристики пускателей типа ПБР приведены в таблице 4. [14]

Таблица 4 – Основные характеристики пусковых устройств типа ПБР

Исполнение	Функции	Примечание
ПБР–2М	Бесконтактное управление электрическими механизмами и приводами; пуск, реверс любых синхронных и асинхронных двигателей мощностью до 1,1 кВт	Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с однофазными конденсаторными двигателями

Продолжение таблицы 4

Исполнение	Функции	Примечание
ПБР-3А		Управление электрическими исполнительными механизмами и приводами с трехфазными синхронными и асинхронными двигателями

В настоящее время в современных системах регулирования широкое распространение получил блок управления электродвигателям реверсивный типа БУЭР, предназначенный для бесконтактного управления электрическими исполнительными механизмами. Блок БУЭР1-30 предназначен для управления электрическим исполнительным механизмом (ЭИМ) с однофазным электродвигателем.

Блоки БУЭР3-30 предназначен для бесконтактного управления электрифицированной задвижкой с трехфазным асинхронным электродвигателем [15]. Номинальный коммутируемый переменный ток однофазной сети 220В - 0.1... 3 А, трехфазной сети 380В - 0.1...3 А.

Таблица 5 – Технические характеристики БУЭР3-30М-00

Параметр	Характеристика
Входной сигнал от датчика положения	0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20 мА
Режим работы	повторно-кратковременный с продолжительностью включений до 25%
Электрическое питание	трехфазная сеть 220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	8 Вт
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP20

Блоки типа БУЭР имеют следующие преимущества по сравнению с пускателями типа ПБР:

- современная элементная база, обеспечивающая более высокую надежность;
- значительно меньшие габариты и вес;
- простота в схемах подключения изделия.

По объему выполняемых функций БУЭР1-30-02 превосходит ПБР-3А, стоимость БУЭР1-30-02 также выше, чем ПБР-3А. Поэтому в качестве пускового устройства выбран более надежный в эксплуатации в тяжелых условиях ПБР-3А.

5 Разработка функциональной схемы

Функциональная схема (ФС) является одним из главных технических документов для систем автоматизации технологических процессов, определяющих структуру и характер данных систем.

При разработке функциональных схем учитывается характер процесса; свойства измеряемой среды; расстояние от датчиков до места установки. Количество приборов, сигнализации и аппаратуры управления, установленных на оперативных щитах и пультах необходимо ограничивать, избыток аппаратуры усложняет эксплуатацию, сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства вспомогательного назначения размещают на отдельных щитах, располагаемых в производственных помещениях вблизи технологического оборудования. На схеме представляется упрощенное изображение агрегатов, подлежащих автоматизации. Средства автоматизации и управления изображаются условными обозначениями по действующим стандартам, а также линии связи между ними. На функциональной схеме изображается технологическое оборудование в соответствии с ГОСТ 21.403 – 80.

При разработке ФС автоматизации решаются следующие задачи:

- 1) получение первичной информации о состоянии технологического процесса;
- 2) воздействие на технологический процесс для управления им;
- 3) контроль технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В выпускной работе разрабатывается АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя в барабанном котлоагрегате, это означает, что контролируется участок парового тракта между точкой впрыска конденсата в парохладитель и точкой контроля температуры перегретого

пара после прохождения пакета пароперегревателя. Так были определены местоположения точек отбора измерительной информации.

Разработка функциональной схемы выполняется в несколько этапов. На начальном этапе проводится определение и назначение каналов: канал 1 и 2 служат для определения температуры перегретого пара, Каналы 1, 2, 4 – измерительные каналы, 3 – канал управления. Далее разрабатывается часть схемы, в которой устанавливаются приборы по месту, и контроллер, находящийся в щите управления.

Информация о значении регулируемого параметра приходит от датчика температуры 2а на выходе регулируемого пакета пароперегревателя. До регулируемого пакета пароперегревателя также устанавливается датчик температуры 1а. На входной аналоговый модуль контроллера поступает унифицированный сигнал датчиков (4...20 мА). На пусковое устройство 3а подается регулирующее воздействие с контроллера. Пусковое устройство предназначено для усиления сигнала для воздействия на ИМ. Основная задача разработки АСР – контроль параметров, а именно температура пара на входе пароперегревателя – 500 °С и температура пара на выходе пароперегревателя – 560 °С. Трубопроводы и технологические среды изображаются на схемах условными обозначениями по ГОСТ 2.784 – 70. Также, для разработки функциональной схемы непосредственно использовалось справочное пособие по проектированию систем автоматизации [16].

Функциональная схема АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя представлена на листе ФЮРА.421000.001 С2.

6 Разработка принципиальной электрической схемы

Принципиальная электрическая схема представляет состав устройств и приборов, а также их связей между ними. Действие данных устройств обеспечивает решение задач управления, защиты, регулирования, сигнализации и измерения. Электрическая схема является основанием для последующей разработки монтажной схемы, схемы внешних подключений.

Все приборы и аппараты в электрических схемах имеют позиционные обозначения, для этого применяют буквенно-цифровые обозначения. Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков и имеют минимальное число взаимных пересечений. Типовые схемы подключения каждого прибора, элемента схемы в большинстве случаев берется из каталогов и инструкций по эксплуатации. Элементы и устройства, условные графические обозначения которых установлены в стандартах ЕСКД ГОСТ 2.710 – 81, изображают на схеме в виде условных графических обозначений.

На первом этапе разработки принципиальной электрической схемы выполняется расположение схем отдельных устройств и модулей. Затем производится соединение их друг с другом, согласно структурной схеме и руководствами по эксплуатации технических средств. [17]

Обозначение устройств на принципиальной электрической схеме следующее:

A1 – микропроцессорный контроллер (МПК);

G1 – блок питания;

UY1, UY2 – разделительные преобразователи;

QF1, QF2 – выключатели автоматические.

Схема электрических подключений автоматической системы регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя представлена на листе ФЮРА.421000.001 Э4, таблица с перечнем элементов на чертеже с шифром ФЮРА.421000.001 ПЭ.

7 Разработка монтажной схемы

Схема соединения внешних проводок – это схема, на которой показаны трубные и электрические связи между приборами, а также средствами автоматизации, которые установлены на технологическом оборудовании, на щитах и вне их, а также подключение проводок к щитам и приборам. Ее выполняют на основе функциональной и принципиальной схем.

Далее на схеме условно изображаются технические средства, установленные по месту или непосредственно на технологическом оборудовании. В соответствии с технической документацией условно изображаются контакты элементов, их номера, соединения контактов. Контакты технических средств соединяются или сплошными линиями, или линия обрывается и адрес – куда проводник идет.

Разработка монтажной схемы также выполняется в несколько этапов, для начала размещаются технические средства, выбирается проводка, соединяющая данных средства. Далее выполняется нумерация проводников, определение количества использованных жил и длина данных проводников до технических средств. Каждый проводник маркируется согласно принципиальной электрической схеме или вводится новая маркировка проводников.

Для каждой внешней электрической проводки приводят ее техническую характеристику: количество жил, длину, марку, сечение, при необходимости количество занятых жил. Занятые жилы указываются в прямоугольнике, размещенном справа от обозначения кабеля. Для защитных труб приводят: диаметр, толщину стенки и длину.

В рамках данной выпускной квалификационной работы разрабатывается АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя барабанного котлоагрегата, однако, паровой котел подразумевает несколько таких систем. Для каждой системы необходимо

предусмотреть устройства исполнительной части. Монтажная схема проектируемой АСР представлена на чертеже ФЮРА.421000.001 С4.

8 Разработка чертежа щитовой конструкции

Щиты систем автоматизации (ЩСА) предназначены для размещения в них средств контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки линий связи между ними. Устанавливаются в производственных и специальных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. В щите расположены: контроллер, преобразователи, клеммники наборные, блок питания и выключатели автоматические.

Щит должен иметь наиболее эффективную конструкцию, а именно необходимые габаритные размеры, необходимые вырезы и крепления для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводов.

Средства автоматизации и аппаратура управления компонуются функциональными группами в порядке хода технологического процесса. Внутри каждого щита должно быть предусмотрено освещение.

В проекте для размещения средств автоматизации используется шкафной щит одиночный типа RITTAL 500x500x300, так как он имеет взрывобезопасное исполнение, может использоваться диапазон температуры окружающей среды от -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$, степень защиты IP 66 [18].

Чертеж общего вида одиночного щита представлен на чертеже ФЮРА.421000.001 ВО и включает вид на внутренней плоскости и перечень составных частей.

9 Расчет АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя

К автоматическим системам регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя предъявляются жесткие требования к точности поддержания температуры на заданном значении. Допустимые отклонения температуры от номинального значения для паровых котлов со средними параметрами составляют от $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для котлов с высокими и повышенными параметрами от $+5$ до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Этапы расчета АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя:

- расчет динамических характеристик объекта регулирования;
- расчет оптимальных настроек регулятора;
- расчет и построение переходного процесса в замкнутой АСР.

9.1 Расчет динамических характеристик объекта регулирования

Для исследования динамики объекта регулирования в настоящее время используются аналитический и экспериментальный методы. Аналитические методы определения динамических характеристик регулируемых объектов широкого распространения не получили в силу своей сложности. В настоящее время наиболее достоверными и легкодоступными для работников промышленных предприятий являются методы экспериментального определения динамических характеристик объектов.

Математическое описание объекта сравнительно быстро можно получить экспериментальными методами, так как они относительно просты, поэтому они получили широкое распространение при исследовании свойств объектов, подлежащих автоматизации.

Теплоэнергетические объекты представляют собой устойчивые инерционные динамические системы и описываются непрерывными технологическими процессами. Их можно рассматривать как фильтры низких частот с полосой пропускания от 0 до $0,1 \dots 0,2 \text{ с}^{-1}$ с точки зрения динамики [19].

9.1.1 Экспериментальное определение кривых разгона объекта управления

В данной работе применяется экспериментальный метод определения кривой разгона. Схема экспериментальной установки для снятия переходной функции объекта управления представлена на рисунке 11.

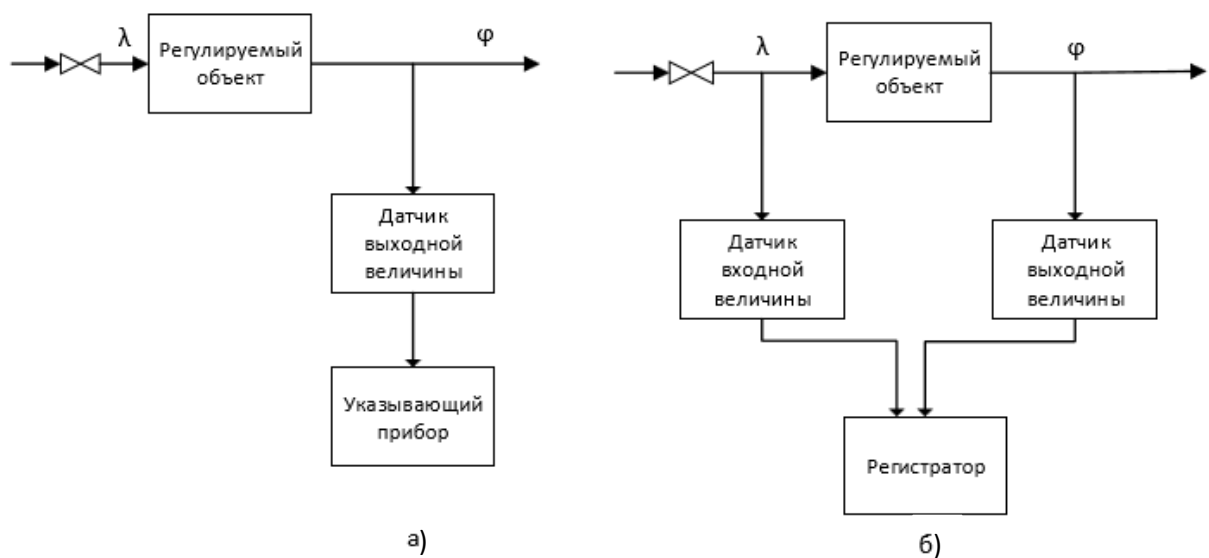


Рисунок 11 – Схема экспериментальной установки для снятия переходной функции объекта управления: а) регистрация выходного сигнала; б) регистрация входного и выходного сигнала

Эксперимент выполняется следующим образом: в первую очередь, стабилизируют часть посторонних возмущений, для того чтобы упростить обработку результатов эксперимента, далее перед началом эксперимента устанавливают равновесный режим в системе, затем производится выбор

величины возмущения и вид входного сигнала, исходя из конкретных условий работы исследуемого объекта, и в конце, применяют возмущение и регистрируют изменение входного и выходного сигналов [20].

На рисунках 12 и 13 представлены экспериментальные кривые разгона по температуре инерционного и малоинерционного контуров пароперегревателя.

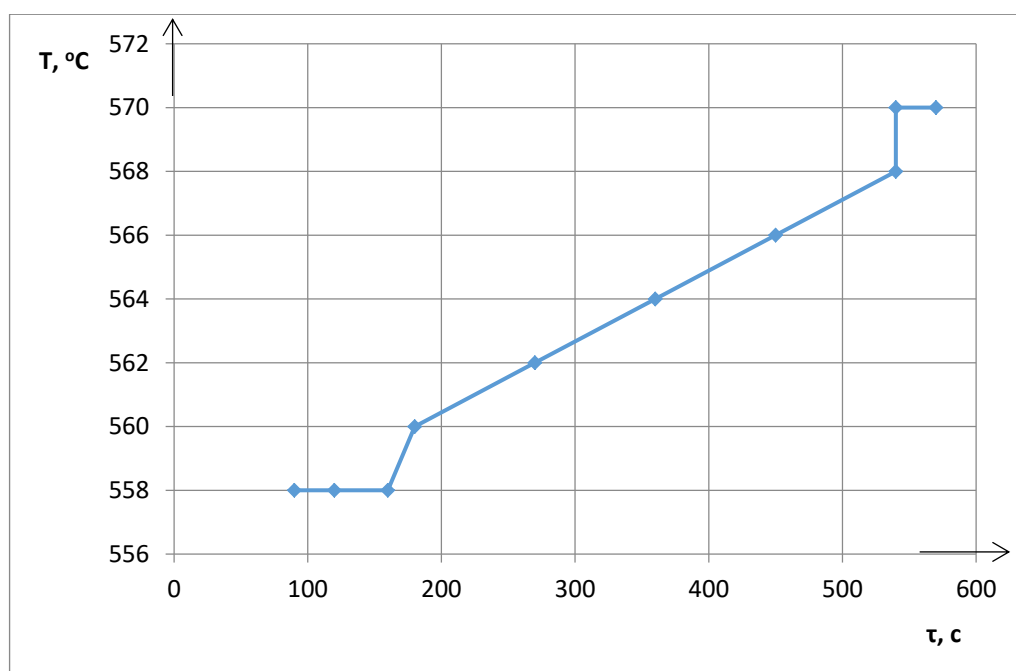


Рисунок 12 – Кривая разгона объекта управления инерционного контура: τ – время, T – температура

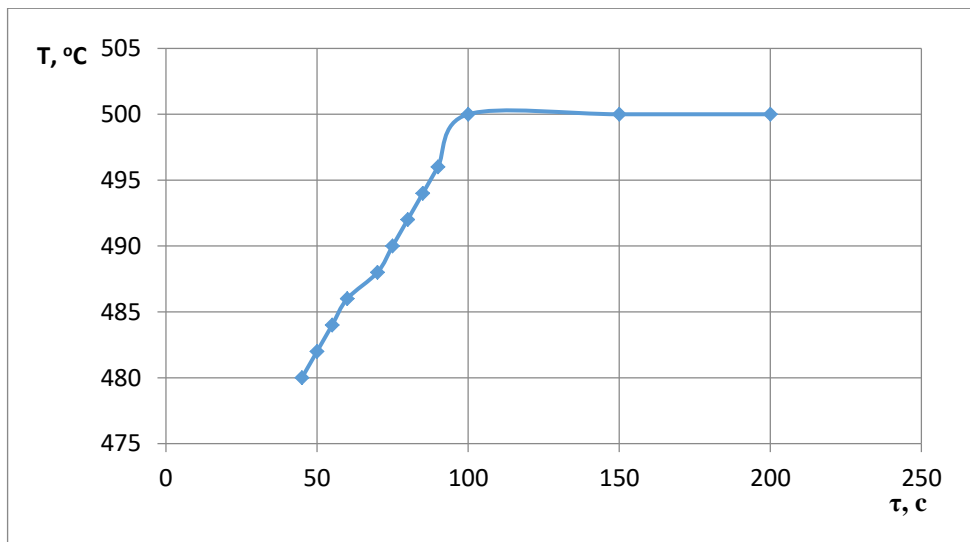


Рисунок 13 – Кривая разгона объекта управления опережающего контура:

τ – время, T – температура

9.1.2 Получение передаточных функций по кривым разгона объектов регулирования

Для получения передаточных функций инерционного и малоинерционного объектов регулирования воспользуемся кривыми разгона изображенными на рисунках 12 и 13 соответственно.

Для инерционного участка:
 коэффициент усиления $K = 1,02$;
 время запаздывания $\tau = 50$ с;
 постоянная времени $T = 120$ с.

Передаточная функция инерционного участка имеет вид:

$$W_{ин}(P) = \frac{1,02}{120P + 1} e^{-50P}.$$

Для опережающего участка:
 коэффициент усиления $K = 1,04$;
 время запаздывания $\tau = 20$ с;
 постоянная времени $T = 50$ с.

Передаточная функция опережающего участка имеет вид:

$$W_{on}(P) = \frac{1,04}{50P+1} e^{-20P}.$$

9.2 Расчет оптимальных настроек регулятора

Получим эквивалентное выражение для передаточной функции объекта:

$$W_{об}(P) = \frac{1,04}{50P+1} e^{-20P} + \frac{1,02}{120P+1} e^{-50P} = \frac{1,04 \cdot e^{-20P} \cdot (120P+1) + 1,02 \cdot e^{-50P} \cdot (50P+1)}{(50P+1) \cdot (120P+1)}.$$

Для определения расширенных частотных характеристик объекта регулирования производится замена $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$, в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{об}(m, i\omega) = \frac{1,04 \cdot e^{-20(-m \cdot \omega + i \cdot \omega)} \cdot (120(-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1) + 1,02 \cdot e^{-50(-m \cdot \omega + i \cdot \omega)} \cdot (50(-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)}{(50(-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1) \cdot (120(-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)}.$$

Используя программу MathCad, предварительно задав начальное значение частоты $\omega = 0 \text{ с}^{-1}$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0,005 \text{ с}^{-1}$, рассчитываются расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до $\omega = 0,10 \text{ с}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика:

$$\text{Re}_{об}(m, \omega) = \text{Re}(W_{об}(m, i\omega)).$$

(1)

Расширенная мнимая частотная характеристика:

$$\text{Im}_{об}(m, \omega) = \text{Im}(W_{об}(m, i\omega)). \quad (2)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика:

$$A_{об}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{об}^2(m, \omega) + \text{Im}_{об}^2(m, \omega)}. \quad (3)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика:

$$\varphi_{об}(m, \omega) = \arctan \frac{\text{Im}_{об}(m, \omega)}{\text{Re}_{об}(m, \omega)}. \quad (4)$$

Расчетные формулы корневого метода для ПИ-регулятора:

$$\frac{k_p}{T_u} = - \frac{w(m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{o\sigma}(m, w)}{A_{o\sigma}^2(m, w)}; \quad (5)$$

$$k_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{o\sigma}(m, w) + \text{Re}_{o\sigma}(m, w)}{A_{o\sigma}^2(m, w)}. \quad (6)$$

Определим настройки регулятора в некотором диапазоне частот (рис 14).

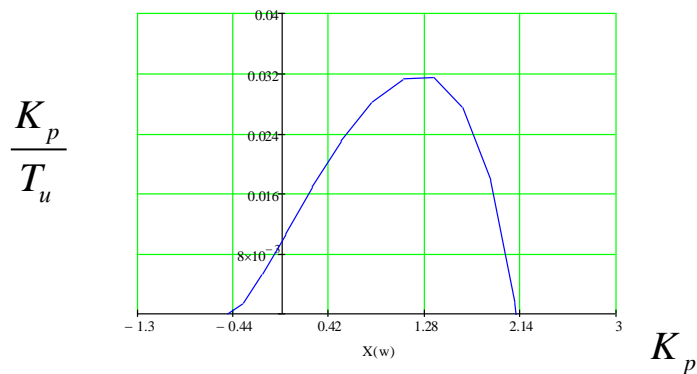


Рисунок 14 – Область параметров настройки ПИ-регулятора

Максимальное значение $\frac{K_p}{T_u}$ соответствует оптимальному значению настроек регулятора.

Полученная кривая является линией заданной степени затухания $\Psi=0,75$ процесса регулирования, что соответствует степени колебательности $K_p m=0,221$. Таким образом, все значения T_u и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают определенную степень затухания. [3]

Оптимальные значения:

$$\frac{K_p}{T_u} = 0,03143.$$

$$K_p = 1,364.$$

9.3 Расчет, построение и оценка качества переходного процесса в замкнутой АСР при возмущении, идущем по каналу регулирующего воздействия

Передаточная функция:

$$W_{s-y} = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (7)$$

где $W_{об}(P)$ - передаточная функция объекта, $W_p(P)$ - передаточная функция регулятора.

Используя программу MathCad, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР при регулирующем воздействии: $Re_{з.с.}(\omega)$. Строим график ВЧХ замкнутой системы.

Переходный процесс по каналу задающего воздействия рассчитываем по формуле:

$$y(t_2) = \frac{2}{\pi} \int_0^{0,028} \frac{Re_{з.с.}(w)}{w} \cdot \sin(w \cdot t) dw, \quad (8)$$

где 0,028 – частота среза, при которой график ВЧХ стремится к 0.

Далее рассчитываем переходный процесс в замкнутой АСР и строим график переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия.

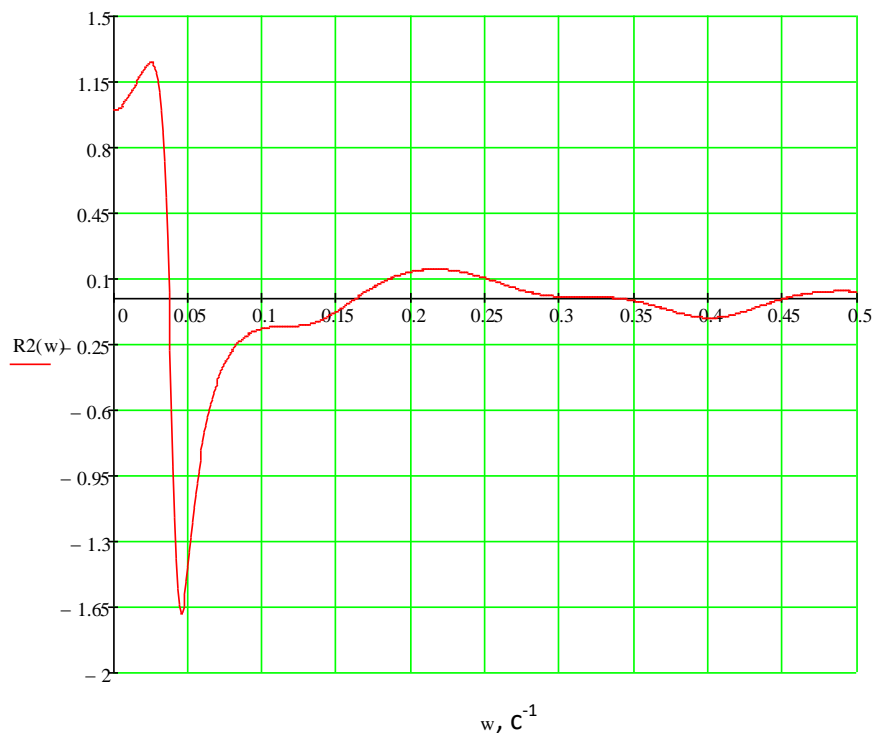


Рисунок 15 - ВЧХ системы

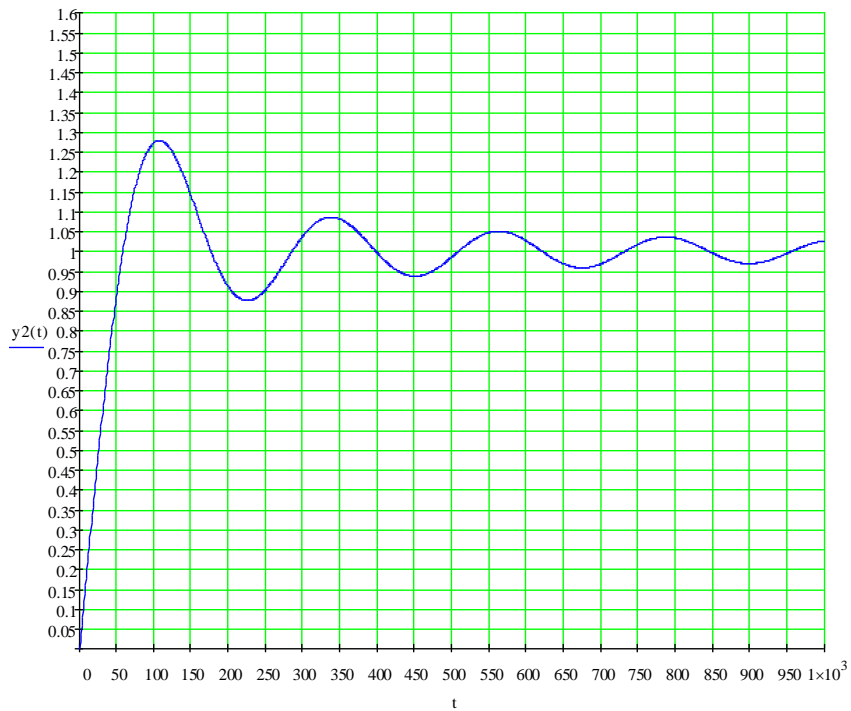


Рисунок 16 – Переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Далее рассчитываем прямые оценки качества переходного процесса:

1) динамическая ошибка: $A_1 = 0,278$;

2) перерегулирование: $\sigma = \frac{A_1 \cdot 100}{y(\infty)} = \frac{0,278 \cdot 100}{1} = 27,8\%$;

3) статическая ошибка: $\varepsilon_{cm} = s - y(\infty) = 1 - 1 = 0$;

4) степень затухания: $\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,278 - 0,086}{0,278} = 0,69$;

5) время регулирования: $t_p = 550$ с .

10 Мнемосхема проекта

Мнемосхема это графическое изображение основанное на функциональной схеме управляемого объекта. Таким образом, схема описывает технологический процесс, используя программное управление. Мнемосхема является промежуточным звеном между оператором и производственным процессом, в процессе управления мнемосхема это источник данных о текущем состоянии системы и всех ее составляющих.

Общие требования, предъявляемые к мнемосхеме:

- 1) мнемосхема должна содержать элементы, необходимые оператору для контроля и управления объектом;
- 2) отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления, должны выделяться размерами, формой, цветом;
- 3) общий вид мнемосхемы должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему элементов.

В соответствие с вышеизложенными требованиями была разработана мнемосхема для температуры перегретого пара, которая приведена на рисунке 17

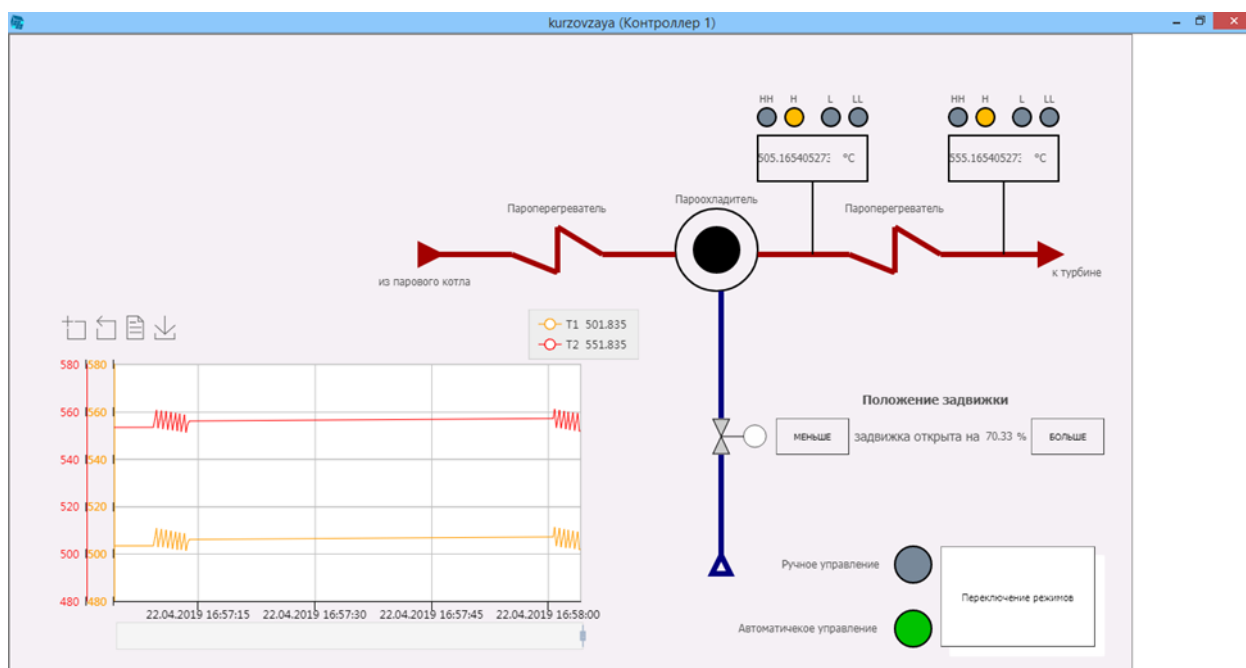


Рисунок 17 – Мнемосхема

В зависимости от положения задвижки меняется температура до и после второго пароперегревателя.

При автоматическом режиме температура удерживается в некотором допустимом диапазоне.

На мнемосхеме отображены показывающие приборы, отображающие текущую температуру пара.

На мнемосхеме изображены сигнальные индикаторы НН, Н, L, LL, которые сигнализируют о превышении допустимых температур. При допустимой температуре все индикаторы серого цвета. При превышении температуры индикаторы Н и L горят темно-желтым цветом, индикаторы НН и LL – ярко красным.

В левой нижней части мнемосхемы находится график, где можно посмотреть изменение температуры во времени.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 33664 руб. Оклад инженера – 12664 руб. Материальные затраты – 825 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расход 10%; Районный коэффициент 30%; Норма амортизации 33,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ
2. Планирование процесса управления НТИ: Структура и график поведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование работ, разработка диаграммы Ганта, формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной, финансовой экономической эффективности	Оценка сравнительной эффективности исследования. Интегральный показатель ресурсоэффективности – 3,95 Интегральный показатель эффективности – 4,384 Сравнительная эффективность проекта – 1,086

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубченко Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич		

11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение целесообразного разработки технического проекта, связанного с установкой АСР температуры перегретого пара на котел ТП-230, с точки зрения финансового менеджмента, теории управления организацией и производством.

11.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

11.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В данном разделе будет произведён анализ конкурентных технических решений наиболее распространённых на данный момент типов регулирования измеряемых параметров:

- Микропроцессорное;
- Аналоговое;
- Электромеханическое.

Сравнение поможет определить наиболее конкурентоспособный тип АСР, который будет востребован на рынке, иметь направления развития в будущем, обладать всеми возможностями, которые необходимы для надёжной и эффективной работы в теплоэнергетике.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{мпр}	Б _{ан}	Б _{э/м}	К _{мпр}	К _{ан}	К _{э/м}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Точность измерения	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
2. Компактность	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
3. Безопасность	0,16	5	3	2	0,8	0,48	0,32
4. Надежность в работе	0,12	5	3	3	0,6	0,36	0,36
5. Возможность ремонта собственными силами	0,04	1	2	5	0,04	0,08	0,2
6. Функциональные возможности (например, вывод измеряемых величин)	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
7. Простота эксплуатации	0,06	2	3	5	0,12	0,18	0,3
8. Эксплуатация в широком диапазоне рабочих температур	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
9. Возможность подключения к ПК	0,09	5	2	1	0,45	0,18	0,09
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена установки	0,04	2	3	5	0,08	0,12	0,2
2. Стоимость обслуживания	0,03	2	3	4	0,06	0,09	0,12
3. Срок эксплуатации	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Необходимость обучения персонала	0,03	1	3	4	0,03	0,09	0,12
Итого	1	46	41	45	4,23	3,1	3,05

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Исходя из результатов анализа, микропроцессорное регулирование получило наивысший балл по сравнению с другими конкурентами ($K=4,23$), следовательно, будем исследовать данный тип реле.

11.1.2 SWOT-анализ

В данном разделе будет произведён SWOT-анализ, который поможет определить:

- Сильные стороны и преимущества микропроцессорного регулирования, которые можно задействовать в стратегии его внедрения в отрасль электроэнергетики;
- Слабости и уязвимости микропроцессорного реле в конкурентной борьбе с другими типами регулирования;
- Благоприятные возможности для его развития;
- Риски и наиболее эффективные действия для защиты от них.

Таблица 7 – Матрица SWOT-7

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота в эксплуатации;</p> <p>С2. Высокая безопасность и надёжность во время работы;</p> <p>С3. Малогабаритные размеры;</p> <p>С4. Большой срок эксплуатации;</p> <p>С5. Высокая точность измерения;</p> <p>С6. Возможность вывести измеримые величины на дисплей ПК и шкафа РЗ.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая стоимость;</p> <p>Сл2.Необходимость обучения персонала;</p> <p>Сл3.Малая ремонтпригодность;</p> <p>Сл.4. Большая подверженность к высоким и низким температурам.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Развитие данной отрасли в России;</p> <p>В2. Поддержка со стороны государства для развития технологий в данной отрасли;</p> <p>В3. Появление спроса на продукт с передовыми технологиями;</p> <p>В4. Возможность сотрудничества с мировыми передовыми компаниями;</p> <p>В5. Привлечение молодых инженеров в развивающуюся отрасль.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>Введение в структуру схему микропроцессорного реле, позволит продлить срок эксплуатации РЗ, повысить надёжность защиты защищаемого объекта и привлечёт поддержку в развитии технологии со стороны государства, что позволит постоянно совершенствовать технологию релейной защиты мпк до высокого стандарта качества, сравнимое с мировыми производителями.</p>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>Введение нового технологически развитого оборудования, а именно микропроцессорного реле приведёт затратам на обучение и пере классификацию персонала, дополнительным затратам для проникновения данного типа реле на рынок.</p>

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии из-за экономически сложившейся ситуации в стране; У2. Отсутствие стимула для переоборудования защищаемых объектов; У3. Появление более технологически развитых конкурентных разработок.	Сильные стороны и угрозы: Внедрение микропроцессорного реле позволит уменьшить количество аварий, связанных с несрабатыванием релейной защиты, что приведёт к увеличению спроса на данный тип реле и появится стимул к переоборудованию ЛЭП, а также постоянное усовершенствование данного типа реле позволит сохранить лидирующие позиции на рынке.	Слабые стороны и угрозы: Большая стоимость оборудования, средства необходимые для обучения персонала могут привести к тому, что выделенного бюджета не хватит для переоборудования линий электропередач, что приведёт к отсутствию стимула для дальнейшей замены старых типов реле.
---	--	---

Из анализа видно, что потенциальных сильных сторон у проекта больше, чем слабых, следовательно, микропроцессорное регулирование имеет большие шансы конкурировать с остальными типами реле и занять лидирующее место на рынке.

11.2 Планирование научно-исследовательских работ

11.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе определим, какие этапы работ нужно выполнить в АСР, распределим заданные этапы работы между руководителем и инженером, установим продолжительность их выполнения.

Таблица 8 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Выбор направления исследований	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Разработка структурной схемы	Инженер
	Разработка функциональной схемы	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	Подбор оборудования	Инженер
	Разработка щита управления	Инженер
	Проектирование мнемосхемы	Инженер
	Технико-экономические расчеты	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды	Инженер
Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

11.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения работ

В данном разделе определим трудоемкость работы инженера и руководителя и построим диаграмму Ганта, которая характеризует даты начала и окончания выполнения работ.

В приведённой ниже таблице приведены расшифровки величин, которые используются в таблице 8.

Таблица 9 – Обозначение величин

Обозначение	Расшифровка	Единицы измерения
$t_{ожи}$	Ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы	чел.-дни
t_{mini}	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы	чел.-дни
t_{maxi}	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы	чел.-дни
T_{ki}	Продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях	дни
T_{pi}	Продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях	дни

Таблица 10 – временные показатели проекта

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{mini} человеко- дни		t_{maxi} человеко- дни		t_{oji} человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		3	
Подбор и изучение материалов по теме		3		5		4		4		6

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{mini} человеко- дни		t_{maxi} человеко- дни		t_{oji} человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Календарное планирование работ по теме	1		2		2		2		4	
Разработка структурной схемы		1		2		2		2		3
Разработка функционально й схемы		2		3		3		3		4
Подбор оборудования		1		2		2		2		3
Разработка щита управления		1		2		2		2		3
Проектирование мнемосхемы		4		5		5		5		7

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{mini} человеко- дни		t_{maxi} человеко- дни		$t_{ожи}$ человеко- дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Технико-экономические расчеты		2		3		3		3		4
Разработка мероприятий по охране труда и окружающей среды		2		3		3		3		4
Оценка эффективности полученных результатов	3		5		4		4		6	
Составление пояснительной записки		4		6		5		5		8

Пример расчёта

Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

Продолжительность работы в рабочих днях:

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

Продолжительность работы в календарных днях:

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

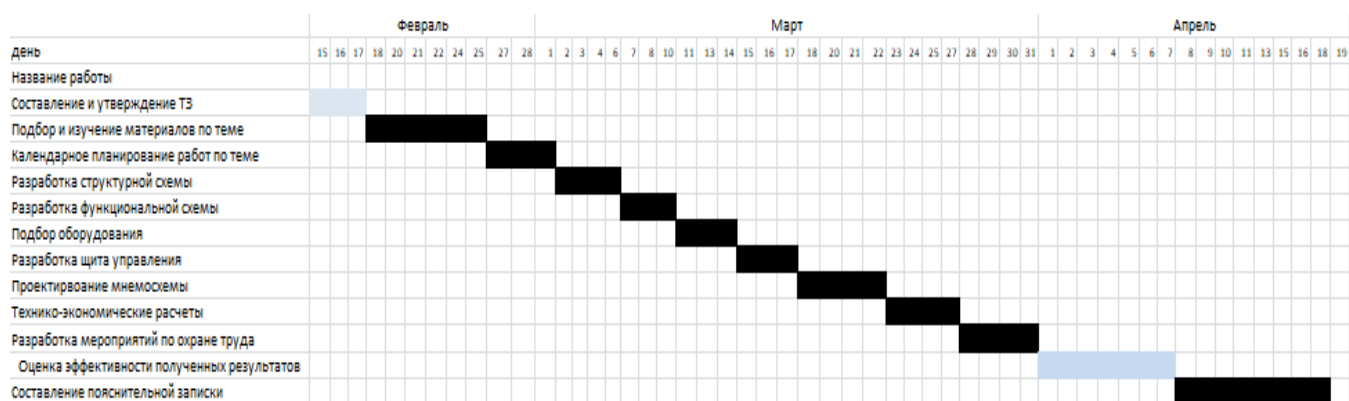
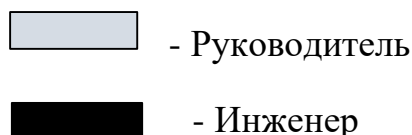


Рисунок 17 – График Гант:



11.3 Бюджет научно-технического исследования

11.3.1 Расчет материальных затрат

К материальным затратам или расходным материалам относятся: бумага, картриджи для принтера, плоттера, канцелярские принадлежности, носители информации и др.

В таблице 11 представлены статьи материальных затрат, связанных с выполнением проекта.

Таблица 11 Материальные затраты

Материал	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед.,руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб
Бумага для принтера	упаковки	1	205	205
Скоросшиватели	штуки	1	56	56
Бумага писчая	упаковки	1	100	100
Картридж для принтера	штуки	1	450	450
Мультифоры	штуки	50	1	50
Ручки, карандаши	штуки	2	20	40
Степлер	штуки	1	85	85
Итого:				986

По таблице 11 материальные затраты на выполнение данного научно-технического исследования составляют 986 рублей.

11.3.2 Расчет затрат на программное обеспечение

Осуществим анализ необходимого оборудования, который потребуется для выполнения научного исследования.

Таблица 12 – Затраты на программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на оборудовани, руб.
Программный комплекс АРМ СРЗА	шт.	1	694 500	694 500
ПК	шт.	1	16 990	16 990
Принтер	шт.	1	6 990	6 990
Microsoft Office	шт.	1	5 199	5 199
Итого:				723 679

Затраты на амортизацию лицензионного программного обеспечения Microsoft Office (стоимость – 5 199 руб.), ПК (стоимость – 16 990 руб.) и принтера (стоимость – 6 990 руб.) используемого в данном проекте не учитываются, т.к. стоимость не превышает 40 тыс.руб.

В связи с длительностью использования, учитывается стоимость программного обеспечения с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дней использ.}}}{\text{Срок службы} \cdot 365} = \frac{694500 \cdot 20}{3 \cdot 365} = 12\,685 \text{ руб.}$$

11.3.3 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением разработки АСР и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{60450 \cdot 10,4}{237} = 2652,66 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 31000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 60450 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{ТС}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{ТС}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 14

Таблица 14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{ТС}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	31000	0,3	0,2	1,3	60450	2652,66	29	76927,14
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1454,68	29	42185,72
Итого $З_{\text{осн}}$								119112,86

11.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Руководитель:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 76927,14 = 9231,25 \text{ руб}$$

Инженер:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 42185,72 = 5062,29 \text{ руб}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

11.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления идут на:

- государственное социальное страхование (ФСС);
- пенсионный фонд (ПФ);
- медицинское страхование (ФФОМС).

Руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (76927,14 + 9231,25) = 26019,8 \text{ руб}$$

Инженер:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,302 \cdot (42185,72 + 5062,29) = 14268,9 \text{ руб}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2020 году равен 30,2%.

11.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

$$\begin{aligned} З_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}} + З_{\text{м}} + А) \cdot 0,16 = \\ &= (119112,86 + 14293,54 + 40288,7 + 353 + 12685) \cdot 0,16 = 29877,3 \end{aligned}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

11.3.7 Формирование бюджета затрат

Подведём итог затрат на проектирование АСР температуры перегретого пара парового котла ТП-230.

Таблица 15 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
Материальные затраты	986,0	0,295
Амортизация	12685	10,586
Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	119112,86	52,916
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14293,54	6,35
Отчисления во внебюджетные фонды	40288,7	16,061
Накладные расходы	29877,3	13,793
Бюджет затрат НТИ	217243,4	100

Наибольшей статьёй расходов оказалась зарплата (основная и дополнительная). Итоговая сумма необходимая на выполнение проекта составила 217,243 тыс. рублей.

11.4 Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность научного исследования определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 16 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Высокая точность измерения	0,3	5
2. Безопасная и надёжная эксплуатация	0,25	5
3. Многофункциональность	0,13	5
4. Малые габариты	0,12	4
5. Высокий срок эксплуатации	0,20	4
Итого:	1	4,45

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,13 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 = 4,68$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности научного исследования дает достаточно хороший результат (4,68 из 5), что свидетельствует об эффективности его реализации.

В данной части выпускной квалификационной работы был произведён анализ конкурентоспособность технического решения, в результате которого наиболее выигрышным вариантом оказалось реле микропроцессорного типа, которое включает в себя новизну, высокую точность измерения, повышенную безопасность и надёжность в эксплуатации.

При выполнении SWOT-анализа были оценены сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности, которые в очередной раз подтвердили правильный выбор типа реле.

В следующей части был произведён расчёт количества дней, который был потрачен на выполнения ВКР: инженеру необходимо затратить 29 рабочих дней, а руководителю 8 рабочих дней. По результатам расчёта была построена диаграмма Ганта, которая графическим способом показала начало и конец выполнения одной части работы и когда нужно приступить к выполнению другой.

Закрывающим этапом являлся расчет бюджета проекта, который составил 217 243,4 руб. При этом основная часть затрат приходится на выплату заработной платы участникам проекта.

В ходе выполнения проекта были выбраны эффективные технико-экономические решения. Из интегрального показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что данный проект можно считать перспективным.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич

Школа	ИШЭ	Отделение	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Объектом исследования являются автоматическая система регулирования температуры перегретого пара парового котла ТП-230. Выполняется разработка автоматической системы регулирования температуры перегретого пара.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 1.1. Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Определены специальные правовые нормы в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, регламентирующие деятельность работника с использованием компьютера. На основе СанПиН 2.2.542-96 определены основные требования к организации рабочего места.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	Анализ выявленных вредных и опасных факторов: – повышенная температура рабочей зоны; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – перенапряжение зрительного анализатора; – повышенное значение напряжения в электрической цепи.
3. Экологическая безопасность:	Влияние рассматриваемого объекта исследования на атмосферу (выбросы), литосферу (отходы), методы минимизации ущерба окружающей среде.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Бабушкин Евгений Николаевич		

12 Социальная ответственность

В данной работе была спроектирована система регулирования температуры перегретого пара парового котла ТП-230. Данная система устанавливается в котельной и ее использование на практике является актуальной, так как предполагает ликвидировать потери энергии, а также обеспечить надежность и безопасность работы парогенератора.

При эксплуатации данной системы регулирования уменьшится количество персонала и произойдет понижение стоимости тепловой энергии.

12.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

12.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Трудовой кодекс не приравнивает работу за компьютером к вредным условиям труда. Поэтому нормативными документами, регламентирующими деятельность работника с использованием ПК, являются СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Гигиенические требования к ПК и организации труда и Инструкция по охране труда при работе с компьютером. Нормативным документом СанПин 2.2.2/2.4.1340 – 03 установлено, что при работе с компьютером, пользователь обязан делать перерыв в размере 15 минут каждый час непрерывной работы. «Инструкция по охране труда при работе на ПК» устанавливает следующие требования для работников: к работе с ПК допускаются работники, не имеющие медицинских противопоказаний; женщины в период беременности к выполнению всех видов работ, с использованием компьютера, не допускаются.

12.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место сотрудника обуславливается состоянием помещения, качеством мебели, техники, соблюдением всех санитарно-технических и гигиенических требований и правил Трудового кодекса. Трудовым кодексом также регламентируется организация службы по охране труда, каждое рабочее место подлежит аттестации с целью выявления вредных и опасных факторов. Согласно статье 216.1 Трудового кодекса существуют органы исполнительной власти, которые осуществляют государственную экспертизу труда. На основе СанПиН 2.2.542 – 96 установлены следующие требования к рабочему месту: в помещении, где происходит эксплуатация персонального компьютера, должны иметься источники естественного и искусственного освещения; площадь рабочего места для взрослых пользователей не должна быть меньше 6,0 м². Этим же стандартом регулируются требования к оборудованию, находящемуся на рабочем месте: высота рабочей поверхности стола должна быть в пределах 680 – 800 мм; расположение монитора от глаз пользователя должно составлять 600 – 700 мм; расположение клавиатуры на поверхности стола от края 100 – 300 мм; высота стула над полом для человека со средним ростом 161 – 170 см должна составлять 420 мм.

12.2. Производственная безопасность

Таблица 17 – Опасные и вредные факторы при исследовании

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1 Работа с тепловым объектом (пароперегреватель) 2 Работа с персональным компьютером (разработка системы управления)	1 Повышенная температура рабочей зоны работника на предприятии 2 Повышенный уровень шума 3 Недостаточная освещенность рабочей зоны (на предприятии/ в учебной аудитории) 4 Повышенный уровень электромагнитных излучений 5 Перенапряжение зрительного анализатора при работе с компьютером	1 Повышенное значение напряжения в электрической сети	Параметры температуры рабочей зоны устанавливаются СанПиН 2.2.4 – 548-96. Параметры уровня шума устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562 –96. Параметры естественного и искусственного освещения определяются СНиП 23-05 – 95. Параметры уровня электромагнитного излучения устанавливаются ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. Эргономические требования к рабочему месту устанавливаются ГОСТ Р 50948 – 2001. Параметры напряжения в сети устанавливаются ГОСТ 29322 – 92.

12.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Анализ опасных и вредных производственных факторов проводится как с точки зрения реального технологического процесса (работа

пароперегревателя), так и экспериментальное рассмотрение работы в учебной аудитории с использованием компьютера. На производстве предполагается работа оператора, который находится в помещении за компьютером, удаленно на небольшом расстоянии от объекта.

В одном и другом случае существуют негативные факторы, влияющие на человека при выполнении работы. В учебных корпусах все эти факторы сведены к минимуму, что не всегда получается выполнить на производстве. Поэтому там предъявляются более строгие требования к соблюдению техники безопасности всех работников и руководителей. Факторы, влияющие на человека в процессе работы представлены в таблице 17.

12.2.1.1 Повышенная температура рабочей зоны

Источником высоких температур на рабочем месте является котельный агрегат, в нашем случае рассматривается тепловой объект (пароперегреватель), который ежеминутно повышает температуру пара до предельно допустимых значений, выше тех, что вырабатывает барабан котла. В связи с этим повышается и температура воздуха на рабочем месте. Поскольку данный фактор оказывает существенное влияние на показания микроклимата, следовательно, и на организм человека, то для безопасной работы людей необходимо соблюдать показатели качества микроклимата.

Состояние окружающей среды может по-разному влиять на уровень опасности работы. Неблагоприятные климатические условия оказывают непосредственное негативное влияние на организм рабочего. Оптимальные значения температуры, влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22 – 24	21 – 25	40 – 60	0,1
Теплый	23 – 25	22 – 26	40 – 60	0,1

Состояние воздушной среды характеризуется также уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны.

Выполнение различных производственных работ нередко сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. Для воздуха рабочей зоны производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. № 1 от 2000 г.) установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ.

Определение концентрации загрязнителей возможно путем замеров или расчетными методами. В случае превышения нормативов концентрации вредных веществ в воздухе следует указать методы и средства обеспечения безопасной концентрации вредных веществ – коллективные и индивидуальные средства защиты (герметизация оборудования и нейтрализация вредных веществ, дистанционное управление, вентиляция, и т. д.).

12.2.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Высокий уровень шума действует во многих залах и цехах тепловых станций. В соответствии с нормативным документом СН 2.2.4/2.1.8.562-96 установлен допустимый предел уровня шума, не превышающий 50дБА.

Воздействие шума отрицательно влияет на работу человека, поскольку вызывает головную боль, быструю утомляемость, ухудшает слух человека и ослабляет внимание. Для снижения воздействия шума может быть применен метод удаления оператора от объекта управления или следует выдавать персоналу беруши.

12.2.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Причиной недостаточной освещенности рабочей зоны является недостаток количества естественного и искусственного света, суммарная норма которых должна составлять 300-500 люкс в соответствии с СНиП 23 – 05 – 95. Недостаток естественного освещения обусловлен некорректным расположением рабочего места, или отсутствием возможности расположения его таковым образом, поскольку свет в соответствии с нормативными документами должен освещать рабочую зону слева. Поэтому для минимизации данного воздействия рабочее место должно быть оснащено дополнительными источниками искусственного света. Светильники освещения должны обеспечивать нормальные условия освещенности с учетом специфики работы, необходимых требований видимости со стороны работника. В соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03 на рабочем месте желательно применение комбинированной системы освещения: люминесцентные лампы. Люминесцентные лампы имеют ряд существенных преимуществ: излучаемый ими свет близок к дневному, естественному свету; обладают повышенной светоотдачей, имеют более длительный срок службы.

12.2.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Персональный компьютер является основным источником повышенных электромагнитных излучений. Они усиливают риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, а также негативно влияют на нервную систему. Для защиты пользователя компьютера от данного вида

негативного излучения необходимо обеспечить оптимальное расстояние между монитором и работником равное минимум 500 мм, установленное ГОСТ Р 50948 – 2001.

12.2.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической сети

К источнику повышенного напряжения в электрической цепи относится персональный компьютер. Несмотря на то, что вся современная техника имеет электрическую защиту, во время эксплуатации может возникнуть непредвиденная ситуация. Человек может коснуться открытых частей корпуса, находящихся под напряжением, и получить электротравмы. Для безопасной работы с оборудованием, находящимся под напряжением, необходимо обеспечить правильную организацию обслуживания данного оборудования, а также выполнение основных правил по электробезопасности в соответствии с ГОСТ 29322 – 92. Работники обязаны в случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом руководителю, лицам, которые осуществляют технического обслуживания соответствующего оборудования.

12.2.1.6 Перенапряжение зрительного анализатора

Перенапряжение зрительного анализатора может быть вызвано продолжительной работой за компьютером, яркостью естественного света, попадающего на рабочую поверхность. Данный фактор может привести к снижению зрения работника, к появлению заболеваний, связанных с ухудшением зрения. Защитой от данного вредного фактора могут быть зрительная гимнастика, а также обеспечение безопасного расстояния между экраном монитора и пользователем равным 600 – 700 мм в соответствии с нормативным документом ГОСТ Р 50948 – 2001. Также на рабочем месте должны применяться регулируемые жалюзи и шторы, которые в поле зрения

работника снижают яркость при естественном освещении, что определено инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере.

12.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).

При работе возле котельного агрегата возможны ожоги, для их предотвращения используют специализированную одежду, а также выполнение техники безопасности для котельной.

Также при работе возможно поражение электрическим током, для его предотвращения соблюдаются требования: изоляция проводов, использование знаков безопасности и предупреждающих сигналов, использование персоналом диэлектрических перчаток, инструментов с изолированными рукоятками для работы с электрооборудованием, использование изоляционных дополнительных средств защиты.

Влияние шума можно уменьшить путем гашения в источнике, проведения акустической обработки котельной, шумоизоляции, использования средств индивидуальной защиты (наушники).

Для уменьшения загазованности и влажности в помещении устанавливается вытяжная система. Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с нижним и верхним отсосом, обеспечивающей равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного. Приточно-вытяжная вентиляция во всех помещениях работает постоянно, кроме летнего периода времени, что связано с остановкой котельной.

12.3. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность на предприятии – это комплекс мер, направленных на выявление негативных факторов, которые могут повлиять на здоровье или даже жизнь работников предприятия. Внедрение экологических технологий помогает сберечь энергетические и прочие

ресурсы, что в свою очередь влияет на рентабельность производства, продуктивность работы.

Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются выбросы загрязняющих веществ предприятия энергетики, которые обусловлены процессами сгорания топлива. Объемы вредных выбросов связаны с качеством и количеством сжигаемого топлива, полнотой его использования, а также эффективностью в целом работы источника теплоснабжения. Большую опасность для здоровья человека и биосферы представляют многочисленные теплоисточники, которые не имеют средств очистки дымовых газов.

На окружающую среду могут быть оказаны такие воздействия как заражение воздуха прилегающей территории от производства, уничтожение растительности, путем непосредственного заражения токсичным веществом, механическое и химическое загрязнение водостоков, загрязнение сточными водами, повреждение и загрязнение почвенного покрова. Данные факторы загрязнения окружающей среды представляют наивысшую опасность для экологической обстановки и для человека. Эти воздействия на окружающую среду могут вызвать уничтожение некоторых видов растительности, загрязнение атмосферы и водоемов. Также негативное влияние оказывается на здоровье человека. Загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

Для снижения количества выбросов должен осуществляться контроль расхода воздуха в топку котла, так как при нехватке окислителя происходит недожог, который приводит к увеличению количества золовидных отходов процесса сжигания. При избытке воздуха образуются оксиды азота. Регулирование температуры в топке котла является одним из важных аспектов в системе, так как наибольшее влияние на образование оксида азота оказывает температура. С ее ростом от 1500 до 2200 К выход оксида азота

увеличивается примерно в 10 раз, в то время как пятикратное увеличение концентрации кислорода повышает выход NO лишь в 2 раза. Улавливание сернистых соединений в выбросах тепловых станций и различных производств является одним из наиболее сложных и трудоемких процессов. В мировой практике, как правило, очищают от серы дымовые газы, для чего применяют различные процессы. Эти процессы можно разделить на три группы: процессы с применением жидких поглотителей – абсорбционные (мокрые) и процессы, основанные на взаимодействии газа с твердым веществом – адсорбционные и каталитические (сухие). Преимущественно в этих процессах поглотителем служат известняк или известь. Таким образом, снижение выбросов токсичных веществ в атмосферу и повышение экологической эффективности теплоэнергетики может быть реализовано в несколько направлений, таких как выполнение природоохранных мероприятий; внедрение экологического мониторинга; выполнение мероприятий по энергосбережению; использование научных исследований и новейших научных разработок.

12.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В ходе разработки данной системы на рабочем месте могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: пожары и взрывы. Наиболее вероятными ЧС являются пожары, которые могут быть вызваны коротким замыканием, перегрузкой, нагреванием участков электросети, неисправностью оборудования и несоблюдением правил пожарной безопасности. К пожарно-профилактическим мероприятиям можно отнести: правильный выбор оборудования и способы его монтажа, систематический контроль исправности защитных устройств на электрооборудовании, создание условий обеспечивающих пожарную безопасность. С целью оповещения о возникшей чрезвычайной ситуации тепловая электростанция

оборудована звуковой системой оповещения, на территории всей станции имеются датчики дыма, и вывешен план эвакуации.

12.5 Выводы по разделу

Разработка системы автоматического регулирования температуры перегретого пара в разделе социальной ответственности выпускной квалификационной работы рассматривалась как со стороны производства, так и со стороны учебной разработки в аудитории с помощью компьютера. Со стороны производства предполагается контроль оператора за ходом технологического процесса. В одном и другом случае существуют негативные факторы, влияющие на человека при выполнении работы. В учебных корпусах все эти факторы сведены к минимуму, что не всегда получается выполнить на производстве. Поэтому там предъявляются более строгие требования к соблюдению техники безопасности всех работников и руководителей.

Системы автоматического регулирования температуры перегретого пара включает в себя выбор оборудования, которое может обеспечить необходимую надежность и точность работы технологического процесса, уменьшить вероятность аварии, уменьшить участие человека в работе.

Заключение

Результатом выполненной выпускной квалификационной работы является АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя на базе программируемого логического контроллера.

При выполнении работы были разработаны функциональная, принципиальная электрическая и монтажная схемы. Произведен выбор оборудования для АСР температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя и на его основании разработана заказная спецификация.

Для разработанной системы была создана мнемосхема, позволяющая управлять технологическим процессом.

Разработанная автоматическая система регулирования температуры перегретого пара за второй ступенью пароперегревателя включает в себя микропроцессорную технику и новейшие средства автоматизации, благодаря этому данная система превосходит подобные ей.

Список использованных источников

- 1 Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач: учебное пособие / А.В. Волощенко, В.В. Медведев, И.П. Озерова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 100с.
- 2 Кузнецов С.С., Рыжкина Е.А. Качество автоматического регулирования температуры пара на котле ТП-87[Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>. – Загл. с экрана.
- 3 Клюев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов, – М.: «Энергия», 1970. – 280 с.
- 4 Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А.В.Волощенко, Д.Б. Горбунов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 108 с.
- 5 Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: учебник/ В.С. Андык; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 408с.
- 6 Жирнова М.Е., Григорьева М.М. Автоматическая система регулирования температуры перегретого пара парогенератора Е-270-13,8-510 [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru>. – Загл. с экрана.
- 7 Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. О влиянии защитной гильзы на погрешность измерения температуры термоэлектрического преобразователя [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>. – Загл. с экрана.
- 8 Атрошенко Ю.К., Стрижак П.А. Оптимизация теплопереноса в термоэлектрическом преобразователе [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <https://elibrary.ru>. – Загл. с экрана.

- 9 Датчики температуры: Каталог-справочник. – Москва: Изд-во НПП «Элемер», 2016. – 5 с.
- 10 Датчики температуры: Каталог-справочник. – Челябинск: Изд-во ПГ «Метран», 2020. – 312 с.
- 11 Программируемые логические контроллеры Овен. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/uploads/161/katalog_2019.pdf свободный. – Загл. с экрана.
- 12 Продукты SIMATIC для комплексной автоматизации. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sinetic.ru/upload/katalogi/Siemens/Промышленная%20автоматизация/Продукты%20SIMATIC%20для%20комплексной%20автоматизации%202019.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 13 Механизмы исполнительные электрические однооборотные МЭО: Руководство по эксплуатации. – Чебоксары: Изд-во ЗЭиМ, 2019. – 53 с.
- 14 Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3: Руководство по эксплуатации. – Чебоксары: Изд-во ЗЭиМ, 2019. – 13 с.
- 15 Блоки управления электродвигателем реверсивные. Руководство по эксплуатации КГЖТ.426436.007 РЭ, ЗАО «Волмаг». – Чебоксары. – 50с.
- 16 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие/ А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
- 17 Правила выполнения принципиальных электрических схем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lektsii.org/3-74234.html> свободный. – Загл. с экрана.
- 18 Щит Rittal навесной с монтажной панелью. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.crumem.ru/catalog> свободный. – Загл. с экрана.